Dedicatoria

Dedicamos este trabajo con profundo respeto y gratitud a nuestros padres y familiares, pilares fundamentales en nuestra formación, cuyo amor incondicional, comprensión y aliento constante han sido fuente de fortaleza e inspiración a lo largo de este proceso académico.

Extendemos esta dedicatoria al Mg. Angel Ramires, con quien compartimos experiencias significativas, aprendizajes y desafíos, a lo largo de este trabajo.

Manifestamos un reconocimiento especial a los doctores René y Pedro, por su valioso apoyo, orientación comprometida y confianza depositada en nosotros durante el desarrollo de esta investigación. Su guía ha sido esencial para alcanzar los objetivos trazados.

Índice general

Índice de Cuadros **4**

Presentación **5**

Resumen **6**

Introducción **7**

1 Planteamiento del problema **8**

1.1 Descripción de la realidad problemática 8

1.2 Formulación del problema general y específicos 10

Problema general 10

Problemas específicos 10

1.3 Formulación del objetivo general y específicos 10

Objetivo general 10

Objetivos específicos 10

1.4 Justificación 11

Justificación teórica 11

Justificación práctica 12

Justificación metodológica 13

2 Marco teórico **15**

2.1 Antecedentes 15

Antecedentes internacionales 15

Antecedentes nacionales 16

Antecedentes regionales o locales 16

2.2 Bases teóricas 17
2.2.1 Características del proceso de enfriamiento del agua 20
2.2.2 Teorías que sustentan el proceso de enfriamiento del agua dulce . . 21

3 Metodología 25
3.1 Tipo y nivel de investigación 25
3.1.1 Tipo de investigación: 25
3.1.2 Nivel de investigación: 25
3.2 Métodos a emplear 26
3.2.1 Método general: 26
3.2.2 Métodos específicos: 26
3.3 Diseño de investigación monográfica 27
3.4 Población y muestra 28
3.4.1 Población 28
3.4.2 Muestra 28
3.5 Técnicas e instrumentos de recojo de datos 29
3.6 Aspectos éticos 30

4 Resutados y discusiones 31
4.1 Resultado respecto al primer objetivo 31
4.2 Resultado respecto al segundo objetivo 33
4.3 Resultado respecto al tercer objetivo 35
4.4 Resultado resspecto al cuarto objetivo 37

Conclusión general 44

Índice de Cuadros

3.1 Técnicas e instrumentos empleados 29

4.1 *Temperatura del agua en distintos recipientes a temperatura ambiente constante (15)* 31

4.2 *Temperatura del agua según el tipo de recipiente: media, mediana y desviación estándar* 33

4.3 *Comparación del enfriamiento del agua hervida en distintos recipientes a 15°C de ambiente* 35

4.4 *Tiempo estimado para que el agua hervida (92°C) se enfríe hasta 20°C a temperatura ambiente (15°C) en Ayacucho (Huamanga)* 37

Presentación

El motivo por el cual realizamos esta monografía nace de una curiosidad muy común: ¿cómo se enfría el agua y por qué lo hace de cierta manera? Aunque parece algo simple, descubrimos que detrás de este proceso hay mucho por entender, especialmente desde la física.

Durante el desarrollo del trabajo, nos propusimos observar cómo baja la temperatura del agua caliente cuando se encuentra en un ambiente con temperatura constante. Para eso, usamos recipientes de diferentes materiales y tomamos registros de temperatura cada cierto tiempo. Con estos datos, quisimos ver si realmente se cumple lo que dice la Ley de Enfriamiento de Newton, una teoría muy conocida que explica cómo se pierde el calor.

Creemos que este tipo de investigaciones, aunque sencillas, pueden ayudarnos a entender mejor algunos fenómenos que vemos todos los días y que a veces pasamos por alto. Además, nos permite aplicar lo que aprendemos en clases a situaciones reales.

Esperamos que este trabajo pueda servir como una pequeña contribución al conocimiento y que motive a otros estudiantes a seguir investigando temas similares.

Resumen

El presente trabajo monográfico tiene como objetivo principal analizar cómo varía la temperatura del agua dulce al enfriarse en un ambiente con temperatura constante. Para ello, realizamos un experimento sencillo donde se colocó agua caliente en tres tipos de recipientes: uno de vidrio, uno de cerámica y otro de poliestireno. Se midió la temperatura cada cierto tiempo para observar el comportamiento del enfriamiento.

Este estudio se basa principalmente en la Ley de Enfriamiento de Newton, que nos dice que la velocidad con la que se enfría un cuerpo depende de la diferencia de temperatura entre el cuerpo y el ambiente. Al comparar los resultados, notamos que el tipo de recipiente influye en la velocidad de enfriamiento del agua.

La investigación se desarrolló en la ciudad de Huamanga, con condiciones ambientales constantes y tomando todas las medidas necesarias para asegurar que los datos sean confiables. Los resultados obtenidos nos ayudaron a entender mejor cómo funciona el enfriamiento del agua en la práctica y por qué es importante conocer este proceso en distintas áreas, como la ciencia, la ingeniería y el medio ambiente.

Introducción

El enfriamiento del agua dulce es un fenómeno físico presente en muchos aspectos de la vida diaria y en diferentes contextos ambientales. Aunque a simple vista puede parecer un proceso simple, en realidad está influenciado por diversos factores físicos, como el tipo de recipiente, la temperatura ambiente, el volumen del agua y la forma en que se transfiere el calor. Este tema resulta relevante porque permite aplicar conceptos teóricos de la física y la termodinámica a situaciones prácticas y fácilmente observables.

En la ciudad de Huamanga, donde se desarrolló este estudio, las condiciones climáticas y la altitud influyen considerablemente en la variación térmica del entorno. Bajo este contexto, se planteó la investigación titulada: "Análisis descriptivo de la temperatura en el enfriamiento de un cuerpo de agua dulce", cuyo propósito principal es observar y analizar cómo cambia la temperatura del agua cuando se expone al ambiente, utilizando distintos tipos de recipientes como medio de análisis.

La pregunta central que guía este trabajo es: ¿Cómo varía la temperatura del agua dulce al enfriarse en un ambiente con temperatura constante? Para responder a esta interrogante, se consideraron factores como el material del recipiente (vidrio, cerámica y poliestireno), la temperatura inicial del agua y el tiempo de enfriamiento.

El enfoque metodológico de esta investigación es cuantitativo, con un diseño descriptivo no experimental. Se tomaron datos de temperatura en intervalos de tiempo definidos, bajo condiciones ambientales estables, utilizando instrumentos de medición directa. El análisis se realizó comparando los resultados obtenidos con lo que predice la Ley de Enfriamiento de Newton.

Este trabajo está organizado en las siguientes secciones: Introducción, Capítulo I: Planteamiento del problema, Capítulo II: Marco teórico, Capítulo III: Metodología, y finalmente, Conclusiones, donde se exponen los principales hallazgos, reflexiones y aportes de la investigación.

Capítulo 1

Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

Entender cómo se enfría un cuerpo de agua puede parecer algo simple, pero en realidad es un proceso que tiene mucha importancia en diferentes áreas como la ciencia, la ingeniería e incluso en situaciones del día a día. Saber cómo cambia la temperatura con el tiempo nos ayuda a aplicar modelos como la Ley de Enfriamiento de Newton y también a mejorar procesos donde controlar la temperatura es clave, como en la industria, en temas ambientales o en tareas domésticas. Sin embargo, al observar este fenómeno tanto en experimentos como en situaciones comunes, se nota que el enfriamiento no siempre sigue un comportamiento predecible. Factores como el ambiente, la cantidad de agua, el tipo de recipiente y otros elementos pueden hacer que el proceso cambie. Esto genera preguntas sobre cómo y por qué ocurre realmente esta variación.

En Qatar, el enfriamiento del agua de manera natural es imposible, tanto por su temperatura como geografía, lo que refleja una problemática grande. El acceso a agua dulce es escaso, por lo que la nación de Qatar optó por la desalinización del agua salada en grandes plantas desalinizadoras. Una vez tratadas, son enviadas para uso humano y para uso industrial. Es ahí donde se puede generar agua dulce fría o en estado sólido. En las casas el hielo se produce en refrigeradoras o alguna otra máquina refrigerante, siendo uno de los muchos causantes del alto consumo y dependencia eléctrica del país.

En Perú se cuenta aún con nevados naturales, esto gracias a la presencia de la cordillera de los Andes, la cual es una gran fuente de agua dulce. El agua dulce presente en estos nevados está en estado sólido en forma de hielo o nieve producto de las bajas temperaturas

en estas zonas geográficas, que a su vez son producto de la altitud y clima. Somos afortunados de tener estas fuentes naturales de recursos hídricos en el país, pero estos se ven afectados por el cambio climático, lo cual afectaría gravemente al país, a todo el continente y al mundo.

En Ayacucho ocurre un fenómeno denominado "helada" que se refiere a la disminución de temperatura del aire a 0°C o menor. Este fenómeno es perjudicial para la agricultura y fauna del lugar ya que los cultivos y animales se mueren. Nuevamente siendo el principal factor la alta altitud de la región y la presencia de neblina y otros factores geográficos y climáticos. En toda esta problemática está presente el agua dulce ya que hablamos de su precipitación. Siendo todo esto de forma natural sin presencia del ser humano. Pero que el cambio climático igual contribuye a que este fenómeno esté más presente y afecte cada vez más.

En Huamanga, la granizada es frecuente en temporadas de lluvias. Este fenómeno, pese a ser normal en estas fechas, está siendo cada vez más hostil y perjudicial para la provincia. Una noticia que refleja este problema es lo pasado con el Colegio Luis Carranza, que producto de las fuertes granizadas y lluvias se vio afectada su infraestructura, afectando la educación en la ciudad.

En todas las situaciones, la presencia o ausencia de agua dulce fría o en estado sólido representa un problema ambiental que afecta a la humanidad y está más presente en la actualidad por temas como el cambio climático o desastres naturales. Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), se estima que el Perú ha perdido más del 50 % del área glaciar registrada en los años 1960, y que para el año 2050 la Cordillera Central podría perder entre el 84 % y el 98 % de sus glaciares si las tendencias actuales continúan (ANA, 2020).

Como consecuencia, esto llevaría a la presencia de hielo o cuerpos de agua fría en sectores y regiones que no deberían, así como a su ausencia en sectores en los que este recurso es abundante, afectando así a los ecosistemas y climas del mundo.

1.2. Formulación del problema general y específicos

Problema general

¿Cómo varía la temperatura de un cuerpo de agua con el paso del tiempo, cuando se encuentra en un ambiente con temperatura constante?

Problemas específicos

- ¿Cuál es la temperatura promedio del agua en los tres recipienetes (cerámica, vidrio, poliestireno) a temperatura ambiente de la ciudad de Ayacucho?
- ¿Qué diferencias se presentan en la variación de temperatura del agua contenida en distintos recipientes (cerámica, vidrio y poliestireno)?
- ¿En cuánto tiempo tarda el agua hervida en descender a los 20°C a temperatura ambiente de Ayacucho huamanga teniendo en cuenta los tres resipientes (cerámica, vidrio y poliestireno)?

1.3. Formulación del objetivo general y específicos

Objetivo general

Analizar la variación de la temperatura de un cuerpo de agua en función del tiempo, cuando se encuentra en un entorno con temperatura ambiental constante.

Objetivos específicos

- Determinar la temperatura promedio del agua en recipientes expuestos a temperatura ambiente en la ciudad de Ayacucho.
- Comparar la variación de temperatura del agua en distintos tipos de recipientes (cerámica, vidrio y poliestireno).

- Establecer el tiempo que tarda el agua hervida en enfriarse hasta los 20°C a temperatura ambiente (15°C) en Ayacucho, Huamanga.

1.4. Justificación

Justificación teórica

Este estudio está basado en la Ley de Enfriamiento de Newton, que fue planteada por Isaac Newton en el siglo XVIII. Esta ley dice que la velocidad con la que baja o sube la temperatura de un cuerpo depende directamente de la diferencia que hay entre la temperatura de ese cuerpo y la del ambiente, como explican Tipler y Mosca (2005). Esta idea es el punto de partida de la investigación porque permite usar un modelo matemático para explicar cómo se enfría un cuerpo de agua dulce que está en un lugar con temperatura más baja.

Desde el lado de la termodinámica, el paso del calor del agua hacia el ambiente se explica por principios como la conducción de calor, la transferencia de energía y el equilibrio térmico. Estos son temas que forman parte de lo que se estudia en física clásica. De acuerdo con lo que mencionan Zemansky y Dittman (2011), el calor siempre se transfiere desde el lugar que tiene más temperatura al que tiene menos, y el tiempo que demora en llegar al equilibrio depende de cosas como el tamaño del cuerpo, su calor específico y el área de su superficie.

El trabajo también toma en cuenta el modelo exponencial que se usa para explicar cómo cambia la temperatura con el tiempo. Según lo que comentan Serway y Jewett (2014), este modelo sirve para muchos sistemas físicos, siempre y cuando la temperatura del ambiente se mantenga fija y la conducción sea el principal modo de transferencia de calor.

Con este estudio se espera poder ver de manera clara cómo se relacionan el tiempo y la temperatura del agua y comprobar si el comportamiento que se da es el que predice la ley de Newton. También se quiere analizar qué tanto influyen el volumen del agua o la temperatura del lugar en el enfriamiento. Todo esto no solo ayudaría a confirmar un

principio básico de la física, sino que además daría herramientas que podrían usarse en temas como el cuidado del medio ambiente, la ingeniería relacionada al calor o la ciencia en general. Como señalan Halliday, Resnick y Walker (2014), entender bien cómo se transfiere el calor y los modelos que lo explican es clave para poder interpretar mejor los fenómenos de la naturaleza y para crear soluciones técnicas que sean más útiles y eficientes.

Justificación práctica

Este trabajo de investigación tiene una aplicación práctica bastante relevante porque se centra en un fenómeno físico que se da en muchos casos de la vida real: el enfriamiento del agua dulce. Comprender cómo ocurre este proceso no solo sirve para comprobar teorías como la Ley de Enfriamiento de Newton, sino también para obtener información útil en situaciones donde es importante controlar la temperatura del agua.

Desde un punto de vista más aplicado, estudiar el enfriamiento del agua resulta útil en áreas como la ingeniería ambiental, la gestión de recursos hídricos o los sistemas de climatización. Por ejemplo, en industrias donde se utilizan sistemas de enfriamiento o en tecnologías para conservar el agua, es necesario saber cómo y cuánto disminuye la temperatura del agua al estar expuesta al ambiente. Además, en el campo educativo y científico, poder modelar este proceso ayuda a reforzar conceptos como la transferencia de calor y a poner en práctica métodos experimentales para analizar fenómenos físicos.

Por otro lado, este tipo de estudio es sencillo de reproducir en laboratorios escolares o universitarios, lo que lo convierte en una buena herramienta para aprender de forma práctica los principios básicos de la termodinámica. Es una experiencia fácil de llevar a cabo, pero que puede dar resultados que aporten bastante información, ayudando tanto a estudiantes como a profesionales a ver directamente cómo se aplican las teorías en datos reales.

Es decir, esta investigación no solo aporta al conocimiento académico, sino que también ofrece un modelo útil para analizar situaciones concretas. Observar y describir cómo varía la temperatura durante el enfriamiento permite tomar mejores decisiones en contextos donde es importante predecir o controlar el comportamiento térmico del agua, ya sea en

la ciencia, la industria o el cuidado del medio ambiente.

Justificación metodológica

Esta investigación monográfica se apoya en un enfoque metodológico que busca combinar la observación directa de lo que ocurre con el agua cuando se enfría y el análisis de los datos obtenidos de manera cuantitativa. De este modo, no solo se pretende describir cómo se comporta el agua dulce durante su proceso de enfriamiento, sino también dejar una base que pueda servir para que otros investigadores puedan repetir el estudio o continuar con investigaciones similares. Al aplicar la Ley de Enfriamiento de Newton en un ambiente controlado, se logran obtener datos precisos que pueden servir como punto de comparación o como referencia para estudios más complejos que se quieran hacer en el futuro.

El método que se utilizó está basado en recoger datos de temperatura en diferentes momentos, lo que permite construir gráficas que muestran cómo se va enfriando el agua según ciertas variables como la temperatura del ambiente, el volumen de agua o el tipo de recipiente usado. Este tipo de información puede ser muy útil para quienes quieran estudiar procesos relacionados con el calor en la naturaleza o en aplicaciones industriales, sobre todo cuando el agua funciona como un medio para transferir calor.

Además, la manera en que se planteó el experimento es sencilla y clara, lo que facilita que se pueda repetir en distintos niveles, ya sea en el colegio, la universidad o en entornos más profesionales. Esto es importante porque permite validar los resultados y comprobar que son correctos, algo que es básico en la ciencia. Como señala Creswell (2018, p. 44), cuando se tiene una metodología bien explicada y sólida, no solo se cumplen los objetivos de la investigación, sino que también se deja un aporte que puede ser útil para otros trabajos en el futuro.

Por todo esto, se puede decir que este estudio no solo ayuda a entender un fenómeno físico que es bastante común, sino que también puede servir como una guía para quienes quieran investigar más a fondo el enfriamiento del agua o probar el mismo método con otros materiales o en diferentes condiciones. En ese sentido, este trabajo es un aporte que

puede ser aprovechado dentro de la investigación científica con fines prácticos.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Antecedentes

El análisis del comportamiento térmico en cuerpos de agua dulce ha sido objeto de diversos estudios a nivel nacional, internacional y local, debido a su importancia en procesos ecológicos, climáticos e hidrológicos. Comprender cómo se enfría el agua en distintas condiciones ambientales permite no solo explicar fenómenos físicos, sino también proponer estrategias de conservación y manejo sostenible de los recursos hídricos. En este contexto, se han desarrollado investigaciones que abordan el tema desde enfoques descriptivos, experimentales y aplicados. A continuación, se presentan algunos antecedentes relevantes que han servido de base teórica y comparativa para la presente investigación, centrada en el enfriamiento natural del agua dulce.

Antecedentes internacionales

Diversos estudios e investigaciones han aportado al análisis del enfriamiento de cuerpos de agua. Por ejemplo, González, Pérez y Aguilar (s.f., p. 5) analizaron el comportamiento térmico del embalse ALM en Tamaulipas, utilizando mediciones in situ y datos ambientales. Se registraron temperaturas superficiales de hasta 34°C, con una disminución gradual hasta los 26.7°C en zonas más profundas. El estudio muestra cómo las variaciones estacionales y la profundidad influyen directamente en el enfriamiento del agua, aportando datos clave sobre la dinámica térmica en climas cálidos.

Por otro lado, Caissie, El-Jabi y Satish (2007, p. 1402) evaluaron dos métodos de enfriamiento artificial en ríos: el bombeo de agua subterránea y el desvío de agua superficial

mediante canales. Ambos demostraron reducir eficazmente la temperatura local del agua, lo que resulta fundamental para preservar la fauna acuática. Este enfoque resulta comparable al análisis del enfriamiento natural, al aportar un marco experimental útil.

Finalmente, estudios realizados en el lago Laut Tawar (Indonesia) han mostrado que factores como la velocidad del viento y la temperatura del aire explican aproximadamente el 80

Antecedentes nacionales

En el ámbito nacional, la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI, 2015) desarrolló el proyecto *Estudio del enfriamiento del agua en condiciones naturales aplicando la Ley de Enfriamiento de Newton*. El objetivo fue analizar cómo varía la temperatura del agua caliente expuesta al ambiente en distintas regiones del país, considerando variables como altitud, clima y tipo de recipiente.

La metodología fue cuantitativa y el diseño experimental básico. Se calentaron volúmenes iguales de agua y se dejaron enfriar en espacios abiertos y cerrados, midiendo la temperatura cada minuto durante 30 minutos. Las pruebas se realizaron en Lima, Huancayo y Puno.

Los resultados evidenciaron que el agua se enfría más rápido en zonas de mayor altitud y menor temperatura ambiente. Por ejemplo, en Puno (a más de 3800 m.s.n.m.), el agua alcanzó los 20°C en aproximadamente 12 minutos, mientras que en Lima tomó más de 20 minutos. Este estudio valida la aplicabilidad de la Ley de Enfriamiento de Newton, siempre que se conozcan la temperatura ambiente y las condiciones del entorno, y resulta altamente pertinente para la presente investigación en Ayacucho.

Antecedentes regionales o locales

A nivel regional, Cavero y Manrique (2017, p. 43) determinaron las características térmicas de cuatro lagunas altoandinas de la región en su investigación Lagunas altoandinas de Ayacucho evaluadas para el desarrollo de la acuicultura. El enfoque fue cuantitativo, con una investigación de tipo descriptivo, nivel no experimental y diseño observacional. Se

utilizaron muestras de las lagunas Apiñaccocha, Islaccocha, Orconccocha y Parccoccocha, con medición de temperatura mediante termómetros digitales.

Los resultados obtenidos muestran que, durante los meses de abril, julio y octubre, la laguna Apiñaccocha (4421 m s. n. m.) presentó una temperatura promedio de 9,18°C; Islaccocha (4426 m s. n. m.), 8,97°C; Orconccocha, 8,92°C; y Parccoccocha (4478 m s. n. m.), 9,4°C. Estos datos reflejan que a altitudes superiores a 4400 m s. n. m., el agua presenta temperaturas frías ideales para especies como la trucha, validando así la influencia de la altitud en el comportamiento térmico del agua dulce.

2.2. Bases teóricas

El estudio del enfriamiento de cuerpos, como el caso del agua dulce, se sustenta en principios fundamentales de la física térmica. Estos principios permiten comprender cómo se transfiere la energía térmica entre sustancias y cómo esta interacción se ve reflejada en variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Entre los conceptos clave necesarios para abordar este fenómeno se encuentran la temperatura, el proceso de enfriamiento, las propiedades térmicas del agua dulce y la ley de enfriamiento de Newton.

Temperatura y energía térmica

La temperatura es una medida que indica qué tan caliente o fría está una sustancia. En realidad, está relacionada con el movimiento de las partículas dentro de esa sustancia: mientras más rápido se muevan, más alta será la temperatura. Según Tipler y Mosca (2005), se puede afirmar que la temperatura está directamente relacionada con la energía que tienen las moléculas por su movimiento. Esto quiere decir que cuando la temperatura aumenta, las partículas se mueven más rápido y tienen más energía. Como explican los mismos autores: "la temperatura es una medida del promedio de la energía cinética de las partículas individuales de un sistema"(Tipler Mosca, 2005, p. 461). Además, la temperatura también nos indica hacia dónde se moverá el calor: siempre va del lugar más caliente al más frío.

Transferencia de calor y enfriamiento

El enfriamiento ocurre cuando un cuerpo, como el agua caliente, pierde calor hacia un ambiente más frío. Esta pérdida de calor puede suceder de varias formas: por conducción (cuando dos cuerpos están en contacto), por convección (cuando el calor se mueve a través de líquidos o gases) o por radiación (cuando el calor se transmite mediante ondas, como la luz del sol). Según Zemansky y Dittman (2011), se puede afirmar que el calor siempre se transfiere cuando hay diferencia de temperatura, y lo hace desde el cuerpo más caliente hacia el más frío hasta que ambos se igualan. En palabras de estos autores: "la transferencia de calor se produce únicamente cuando hay una diferencia de temperatura, y siempre fluye desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el de menor temperatura"(Zemansky Dittman, 2011, p. 34). Este comportamiento es el que permite que, por ejemplo, el agua caliente se enfríe con el paso del tiempo.

Propiedades del agua dulce

El agua dulce tiene características muy especiales cuando hablamos de calor. Una de las más importantes es su alta capacidad calorífica, lo que significa que necesita mucha energía para aumentar su temperatura, y también pierde el calor lentamente. Por eso, el agua no se enfría tan rápido como otras sustancias. Según la UNESCO (2020), se puede afirmar que el agua actúa como un regulador natural de la temperatura en la Tierra, debido a su capacidad para absorber y liberar calor lentamente. Esto la hace vital para el clima, los ecosistemas y el bienestar humano. Como dice el informe de esta organización: .[el] agua es un moderador térmico natural debido a su alta capacidad calorífica, lo cual desempeña un papel fundamental en la regulación de la temperatura ambiental y en los ecosistemas"(UNESCO, 2020, p. 47). Además, el agua dulce, al tener poca sal, es ideal para el consumo humano y para muchos usos en la vida diaria.

Ley de enfriamiento de Newton

La Ley de Enfriamiento de Newton permite explicar cómo un cuerpo caliente, como el agua, pierde calor al estar en contacto con un entorno más frío. Esta ley indica que la velocidad con la que cambia la temperatura del cuerpo depende directamente de la diferencia entre su temperatura y la del medio ambiente. Es decir, cuanto más caliente esté el cuerpo en comparación con el ambiente, más rápido se enfriará.

Según Serway y Jewett (2014), la rapidez de enfriamiento es proporcional a la diferencia de temperaturas entre el cuerpo y el entorno, y esta relación se representa mediante una ecuación diferencial:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{\text{amb}})$$

Donde:

- T: Temperatura del cuerpo en el tiempo t (en °C).
- T_{amb}: Temperatura constante del ambiente (en °C).
- k: Constante positiva de enfriamiento que depende del material y del entorno térmico.

La solución general de esta ecuación diferencial tiene la forma de una función exponencial decreciente, lo que significa que el cuerpo pierde calor muy rápido al principio y luego más lentamente, hasta que se iguala con la temperatura del ambiente:

$$T(t) = T_{\text{amb}} + (T_0 - T_{\text{amb}})e^{-kt}$$

Como explican los autores:

> "Esta ley se aplica con mayor exactitud en condiciones donde no existen fuentes internas de calor, y cuando las diferencias de temperatura no son muy grandes."
> (*Serway & Jewett*, 2014, p. 552)

2.2.1. Características del proceso de enfriamiento del agua

El enfriamiento del agua es un proceso físico que sucede cuando el agua pierde calor y su temperatura disminuye al estar en contacto con un ambiente más frío. Aunque parezca un fenómeno simple, tiene varias características importantes que vale la pena conocer.

- **Proceso no lineal:**El agua no se enfría de manera constante. Al principio baja su temperatura rápidamente, pero con el tiempo lo hace cada vez más lento, hasta igualarse con la temperatura del ambiente. Este comportamiento se puede explicar gracias a la Ley de Enfriamiento de Newton, que indica que la velocidad del cambio de temperatura depende de la diferencia entre el cuerpo caliente y el entorno. Según Serway y Jewett (2014), se puede afirmar que este proceso sigue una curva exponencial: empieza rápido y se va desacelerando conforme la temperatura se acerca a la del ambiente. Como explican los autores: "la variación de temperatura de un cuerpo que se enfría en un medio más frío disminuye con rapidez al inicio y luego se vuelve más lenta, formando una curva exponencial" (Serway & Jewett, 2014, p. 552).

- **Dependencia del entorno:** Mientras mayor sea la diferencia entre la temperatura del agua y la del ambiente, más rápido será el enfriamiento. Cuando esa diferencia es pequeña, el cambio de temperatura ocurre lentamente. Según Tipler y Mosca (2005), se puede afirmar que esta diferencia es la fuerza que impulsa el flujo de calor. Si el ambiente es mucho más frío que el agua, el enfriamiento será más evidente. "La rapidez de transferencia de calor aumenta con la diferencia de temperatura entre el cuerpo y su entorno"(Tipler & Mosca, 2005, p. 497).

- **Influencia de factores físicos:** No todos los recipientes permiten que el agua se enfríe igual. El material, el tamaño y la forma influyen bastante. Por ejemplo, un vaso de metal puede enfriar más rápido que uno de plástico, porque conduce mejor el calor. Zemansky y Dittman (2011) explican que se debe considerar el tipo de material que contiene el líquido, ya que cada uno tiene diferente capacidad de conducir el calor. En palabras de los autores: "la eficiencia de la conducción de

calor depende de las propiedades del material y del área de contacto con el medio" (Zemansky & Dittman, 2011, p. 89).

- **Transferencia de calor:** La pérdida de energía térmica ocurre a través de tres mecanismos principales: conducción (entre el agua y el recipiente), convección (movimiento del fluido dentro del agua y hacia el aire) y radiación (emisión de energía térmica en forma de ondas). La predominancia de cada uno dependerá de las condiciones del entorno y del diseño del sistema (Serway & Jewett, 2014).

- **Equilibrio térmico:** El proceso de enfriamiento concluye cuando la temperatura del agua se iguala con la del ambiente circundante. En ese punto, se alcanza el equilibrio térmico, es decir, no hay más transferencia neta de calor entre el sistema y su entorno (Tipler Mosca, 2005).

$$\boxed{\mathrm{T} = \mathrm{T}_{\mathrm{amb}}}$$

2.2.2. Teorías que sustentan el proceso de enfriamiento del agua dulce

El análisis del proceso de enfriamiento del agua dulce en esta investigación se apoya en fundamentos teóricos consolidados dentro del campo de la física. Las teorías seleccionadas permiten explicar desde el comportamiento de la temperatura hasta los mecanismos de transferencia de calor involucrados. A continuación, se presentan las principales teorías que sustentan el estudio:

a) **Ley de enfriamiento de Newton:** Esta ley constituye el pilar fundamental del modelo de análisis utilizado. Según esta teoría, la rapidez con la que varía la temperatura de un cuerpo es proporcional a la diferencia entre su temperatura y la del medio ambiente. En términos matemáticos, se expresa como una ecuación diferencial que da lugar a una función exponencial decreciente. Esta formulación es

útil para describir cómo un cuerpo, como el agua contenida en un recipiente, pierde calor con el tiempo cuando se encuentra en un entorno más frío. Tipler y Mosca (2005) explican que esta ley es válida en condiciones donde no hay fuentes internas de calor y donde la temperatura del ambiente permanece constante.

b) **Principios de la termodinámica:** El segundo principio de la termodinámica es esencial para entender por qué el calor fluye desde el agua hacia el ambiente. Este principio establece que el calor se transfiere de manera espontánea del cuerpo con mayor temperatura al de menor temperatura, hasta alcanzar el equilibrio térmico. En otras palabras, si el agua se encuentra más caliente que su entorno, la energía térmica tenderá a disiparse hacia el ambiente hasta igualarse. Halliday, Resnick y Walker (2014) señalan que este comportamiento es una consecuencia natural de la tendencia de los sistemas físicos a aumentar su entropía, es decir, a alcanzar un estado de mayor desorden o equilibrio.

c) **Modelo exponencial de cambio térmico:**Este modelo matemático, derivado directamente de la ley de enfriamiento de Newton, describe cómo cambia la temperatura de un cuerpo en función del tiempo. Se basa en la resolución de la ecuación diferencial que relaciona la tasa de enfriamiento con la diferencia de temperatura. El resultado es una función exponencial decreciente, que muestra que la temperatura del cuerpo disminuye rápidamente al inicio y luego de forma más lenta. Serway y Jewett (2014) explican que este modelo es especialmente útil cuando el ambiente tiene una temperatura constante y el principal mecanismo de transferencia es la conducción térmica, como ocurre con el agua almacenada en un recipiente abierto.

Dimensiones

El estudio del enfriamiento del agua dulce en condiciones ambientales constantes requiere el abordaje de distintas dimensiones que permiten observar, analizar e interpretar el comportamiento térmico del agua.

Determinación de las distintas temperaturas. Implica formular deducciones y

proyecciones a partir de los datos recogidos y comparados. Permite generar conclusiones más allá de la observación directa, anticipando comportamientos similares en ciertos contextos. A partir de los resultados obtenidos en Ayacucho, se puede predecir cómo se comportaría el enfriamiento del agua en ciudades con altitudes, temperaturas o materiales similares, basándose en modelos físicos como la ley de enfriamiento de Newton (**tipler2005**; **serway2014**).

Tras analizar los datos, se puede predecir el comportamiento del enfriamiento del agua en otras condiciones mediante principios físicos. Por lo tanto, la investigación no solo describe lo ocurrido, sino que también permite anticipar lo que podría ocurrir en condiciones similares.

Comparación de las diferentes temperaturas. Se busca analizar y comparar los datos obtenidos, considerando distintos factores que pueden influir en el proceso de enfriamiento. Entre estos factores se incluyen el tipo de recipiente (cerámica, vidrio y poliuretano), el volumen del agua, el material conductor, y la altitud geográfica. Esta comparación permite establecer criterios para determinar qué condiciones favorecen un enfriamiento más rápido o más lento, con base en principios termodinámicos (**zemansky2011**; **halliday2014**).

Se refiere a la etapa de análisis e interpretación de una investigación. Después de haber recogido los datos, se busca comparar y entender estos resultados, teniendo en cuenta varios factores que podrían afectar cómo se enfría el agua. Es decir, no solo se ve qué ocurrió, sino por qué ocurrió así.

Fluctuación de la temperatura del agua. Hace referencia a la capacidad de identificar y registrar datos observables y cuantificables relacionados con la temperatura del agua, como el tiempo de enfriamiento y las condiciones ambientales. En esta fase, se recopila información como la temperatura inicial del agua hervida (100), la temperatura ambiente promedio en la ciudad de Ayacucho, y los valores de temperatura medidos a lo largo del tiempo. Este nivel permite establecer una base factual precisa para el análisis posterior (**serway2014**; **tipler2005**).

Consiste en observar y registrar datos concretos y medibles. En este caso, el estudio se centra en cómo se enfría el agua después de haber sido hervida. Para eso, se recopilan datos importantes como la temperatura inicial del agua, la temperatura del ambiente donde se realiza el experimento y cómo cambia la temperatura del agua con el paso del tiempo.

Capítulo 3

Metodología

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación:

El presente estudio se clasifica como una investigación de tipo *no experimental*, ya que las variables no serán manipuladas. Según Hernández et al. (2014), "en la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas porque ya sucedieron, al igual que sus efectos" (p. 152). Es decir, en este trabajo de investigación solo se puede analizar lo que ya existe, mediante la observación de causas y consecuencias de un hecho que ya ocurrió.

Asimismo, Tarrillo et al. (2024) señalan que el enfoque no experimental se basa en observar fenómenos sin intervenir en las variables, siendo útil para describir, explorar o relacionar situaciones tal como ocurren en la realidad. En ese sentido, este trabajo se clasifica como no experimental, ya que los datos fueron obtenidos directamente, sin manipular la variable, tomando como muestra el agua potable de la provincia de Huamanga a temperatura ambiente.

3.1.2. Nivel de investigación:

La presente investigación monográfica se encuentra en el nivel *descriptivo*. Este nivel, según Hurtado y Murguía (s.f.), "consiste en señalar las características de un hecho,

fenómeno o una situación tal como se presentan en una circunstancia temporo-espacial determinada” (p. 36). Es decir, se presentan los resultados de forma objetiva, sin modificar la información, describiendo los hechos tal como se manifiestan.

Por su parte, Hernández et al. (2014) sostienen que este nivel de estudio se enfoca en identificar y detallar las propiedades y características relevantes de un fenómeno en estudio, permitiendo describir patrones o comportamientos dentro de un grupo específico.

Por lo tanto, esta investigación se considera descriptiva, ya que se enfoca en identificar y detallar la variación de la temperatura del agua potable en la provincia de Huamanga durante un breve lapso de tiempo a temperatura ambiente, sin establecer relaciones causales.

3.2. Métodos a emplear

3.2.1. Método general:

La investigación se desarrollará empleando diversos métodos, siendo el principal el método *científico*. Según Bunge (2003), el método científico es un conjunto de procedimientos y normas lógicas, tanto empíricas como racionales, que permiten generar, validar y organizar el conocimiento científico. Este enfoque es riguroso, crítico, autocorrectivo y perfectible, y busca garantizar que las afirmaciones realizadas sean justificadas, coherentes y contrastadas con la realidad.

3.2.2. Métodos específicos:

Entre los métodos específicos, se utilizará el *método deductivo*. Rodríguez y Pérez (2017) indican que este método parte de principios o afirmaciones generales aceptadas como verdaderas, para llegar a conclusiones específicas o particulares. Se trata de un razonamiento lógico que va de lo general a lo particular, ideal para confirmar o refutar

una hipótesis.

También se empleará el *método analítico*. Lopera et al. (2010) explican que este método consiste en descomponer un fenómeno en sus elementos básicos, partiendo de los efectos hacia las causas. Este enfoque es útil para reconocer las causas y efectos de la variable estudiada.

En resumen, se aplicarán los métodos científico, deductivo y analítico para garantizar un análisis riguroso y estructurado.

3.3. Diseño de investigación monográfica

La presente investigación adopta un diseño *no experimental* con enfoque *cuantitativo*. Este diseño fue seleccionado porque no se manipulan deliberadamente las variables, sino que se observan tal como se presentan en la realidad. El propósito es describir el comportamiento térmico del agua al ser colocada en tres recipientes distintos: un vaso de vidrio, una taza de cerámica y un vaso de poliestireno.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el diseño no experimental se aplica cuando "no se manipulan variables independientes, sino que se observan los fenómenos tal y como ocurren en su contexto natural" (p. 151). Por ello, este trabajo se limita a observar la variación de temperatura a lo largo del tiempo en condiciones controladas, sin intervención del investigador.

El estudio se enmarca también dentro del enfoque *monográfico*, centrado en el análisis profundo de casos delimitados. Cada recipiente constituye una unidad de análisis y su comparación permite identificar diferencias en la velocidad de enfriamiento, asociadas con las propiedades térmicas del material.

Este diseño facilita el análisis estadístico básico, como la comparación de curvas de enfriamiento, y permite observar el fenómeno térmico sin establecer relaciones de causalidad complejas (Sampieri et al., 2014).

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población del presente estudio corresponde al agua potable de la provincia de Huamanga (Ayacucho), expuesta a temperatura ambiente en condiciones de contención térmica diferentes. En términos prácticos, se consideró el agua contenida en recipientes domésticos comunes, expuestos a una temperatura ambiente constante de 15°C.

3.4.2. Muestra

La muestra fue de tipo *intencional* y estuvo conformada por agua dulce a una temperatura inicial de 80°C. Cada unidad de análisis correspondió a 200 mL de agua colocada en recipientes de distintos materiales: vidrio, cerámica y poliestireno. La selección de estos recipientes respondió a sus propiedades térmicas diferenciadas, lo cual permitió analizar la influencia del tipo de contenedor en el proceso de enfriamiento natural.

$$\boxed{\mathbf{M=O}}$$

Donde :

O: Objetivo

M: muestra

3.5. Técnicas e instrumentos de recojo de datos

En el desarrollo de la presente investigación se emplearon técnicas de medición directa combinadas con observación sensorial (registro visual y táctil) para recolectar adecuadamente los datos sobre la variación de la temperatura del agua potable de la provincia de Huamanga durante un corto período en distintos tipos de recipientes.

La técnica secundaria fue la **medición directa de temperatura**, utilizando un *termómetro digital de contacto*, lo que permitió obtener lecturas objetivas y cuantificables en intervalos regulares de tiempo. Este instrumento resultó esencial para registrar el comportamiento térmico del agua contenida en diferentes recipientes, bajo condiciones ambientales naturales con temperatura ambiente constante, priorizando la estabilidad para evitar alteraciones en los resultados.

Como técnica principal, se aplicó la **sensación térmica al tacto**, es decir, la percepción subjetiva de la temperatura mediante el contacto con los recipientes. Aunque esta técnica carece de precisión cuantitativa, fue útil para contrastar de manera cualitativa las diferencias perceptibles entre materiales (por ejemplo, vidrio frente a poliestireno). Esta información fue registrada mediante notas de observación complementarias, sin considerarse fuente primaria de datos para los resultados.

Cuadro 3.1: Técnicas e instrumentos empleados

Técnica	**Instrumento**	**Variable medida**
Medición directa	Termómetro digital (precisión: ±0.1°C)	Temperatura del agua (T) en intervalos de tiempo
Sensación térmica	Percepción táctil (contacto con dedo)	Categorías: Fría, Tibia, Cálida, Caliente (registro cualitativo)
Condiciones de observación	Vaso de vidrio, taza de cerámica, vaso de poliestireno (todos de 250 mL)	Volumen constante, aislamiento parcial del calor, material del recipiente

Nota. La medición directa fue el método directa para el análisis cuantitativo.

3.6. Aspectos éticos

La presente investigación se desarrolló respetando los principios fundamentales de ética científica, garantizando integridad, transparencia y responsabilidad en todas las fases del proceso.

Uno de los aspectos éticos más relevantes fue el manejo honesto de los datos. Todas las mediciones de temperatura obtenidas fueron registradas de manera fiel, sin alteraciones ni omisiones, preservando la veracidad de los resultados. Conforme a los lineamientos del Comité de Ética en Publicaciones (COPE, 2021), la honestidad en la recolección, análisis y presentación de los datos constituye un principio central de la investigación científica.

Asimismo, se mantuvo una actitud crítica y responsable al interpretar los resultados, reconociendo las limitaciones metodológicas del estudio y evitando conclusiones que excedieran el alcance de los datos obtenidos. La técnica sensorial complementaria fue tratada con rigurosidad y diferenciada de los métodos cuantitativos, con el fin de evitar confusiones en la evaluación de los hallazgos.

También se respetaron las normas de propiedad intelectual, empleando el sistema de citación APA (7.ª edición) para dar el debido crédito a todas las fuentes consultadas, evitando el plagio y promoviendo la ética académica.

Dado que la investigación no involucró seres humanos ni animales, no fue necesario aplicar procedimientos de consentimiento informado ni contar con aprobación de comités éticos institucionales. No obstante, se asumió una postura ética ambiental responsable, al contextualizar el estudio dentro de temas relacionados con el cambio climático, la gestión sostenible del agua y la educación ambiental.

En conjunto, el desarrollo del presente estudio se encuadra en una conducta ética responsable, orientada a la producción de conocimiento riguroso y respetuoso con los valores científicos y académicos.

Capítulo 4

Resutados y discusiones

4.1. Resultado respecto al primer objetivo

Como se observa en la siguiente tabla, la temperatura del agua disminuye con el tiempo en los tres recipientes, aproximándose gradualmente a los 15ºC a temperatura del ambiente de Ayacucho, Huamanga.

Cuadro 4.1: *Temperatura del agua en distintos recipientes a temperatura ambiente constante (15)*

Tiempo (min)	**Vidrio ()**	**Cerámica ()**	**Poliestireno ()**
0	80.0	80.0	80.0
2	74.5	76.2	78.1
4	69.8	72.8	76.5
6	65.5	69.5	74.9
8	61.5	66.4	73.4
10	57.9	63.5	72.0
12	54.6	60.7	70.6
14	51.5	58.0	69.2
16	45.9	55.4	67.9
18	45.9	52.9	66.6
20	43.4	50.5	65.3

Nota. Las cifras representan la temperatura del agua en cada recipiente en intervalos de 2 minutos.

4.2 Descripción

En la Tabla 4.1 se registró que todos los recipientes iniciaron con una temperatura de 80 , lo que establece un punto de partida uniforme. Luego de dos minutos, se observaron diferencias: el vaso de vidrio fue el que más rápido redujo su temperatura (74.5), mientras que el de poliestireno fue el que menos disminuyó (78.1).

4.3 Conclusión

Se concluye que el recipiente de poliestireno conserva mejor el calor (curva más suave), seguido por el de cerámica y, finalmente, el de vidrio. Esta diferencia se debe a las propiedades térmicas de cada material, lo que concuerda con la Ley de Enfriamiento de Newton. Es decir, cuando esta se encuentra expuesta a una temperatura ambiente constante de 15°C en la ciudad de Ayacucho. Los resultados experimentales muestran una tendencia decreciente sostenida en la temperatura del agua, coherente con el comportamiento descrito por la Ley de Enfriamiento de Newton, según la cual la velocidad de pérdida de calor de un cuerpo es proporcional a la diferencia entre su temperatura y la del ambiente circundante.

4.2. Resultado respecto al segundo objetivo

Cuadro 4.2: *Temperatura del agua según el tipo de recipiente: media, mediana y desviación estándar*

Material del Recipiente	**Temperatura promedio (°C)**	**Mediana (°C)**	**Desviación estándar (°C)**
Vidrio	57.3	54.6	11.8
Cerámica	63.2	63.5	8.3
Poliestireno	71.2	72.0	4.0

Descripción

El Cuadro 4.2 muestra el análisis estadístico de la temperatura del agua en recipientes de vidrio, cerámica y poliestireno, considerando el valor promedio (media), la mediana y la desviación estándar. El poliestireno presenta la mayor temperatura promedio (71.2°C) y la menor dispersión (4.0°C), lo que sugiere una alta capacidad de conservación del calor y estabilidad térmica. La cerámica ocupa el segundo lugar con una media de 63.2°C y una mediana similar (63.5°C), con una dispersión intermedia (8.3°C). Por su parte, el vidrio registró la menor temperatura promedio (57.3°C) y la mayor desviación estándar (11.8°C), indicando una mayor pérdida de calor y mayor variabilidad en las mediciones. Estos datos permiten concluir que el material del recipiente influye significativamente en la conservación térmica del agua.

Conclusión

Los resultados presentados en los cuadros y la figura permiten concluir que el tipo de material del recipiente influye significativamente en la conservación de la temperatura del agua. Según la temperatura promedio (Cuadro **??**) y los valores estadísticos complementarios (Cuadro **??**), el poliestireno demostró ser el material más eficiente para retener el calor, al registrar la mayor media (71.2°C), mediana (72.0°C) y la menor desviación estándar (4.0°C), lo que refleja un enfriamiento más lento y estable.

En contraste, el vidrio presentó la menor temperatura promedio (57.3°C) y la mayor dispersión de los datos (11.8°C), indicando una pérdida de calor más rápida y variable.

La cerámica mostró un comportamiento intermedio, con una media de 63.2°C y una desviación estándar moderada (8.3°C).

Estos hallazgos son reforzados por la Figura 2, que ilustra la distribución porcentual de las temperaturas promedio, destacando gráficamente la mayor proporción de calor conservado por el poliestireno frente a los otros materiales. En conjunto, los datos confirman que el poliestireno ofrece mejores propiedades aislantes bajo condiciones de enfriamiento a temperatura ambiente constante.

4.3. Resultado respecto al tercer objetivo

Con el propósito de comparar la variación de temperatura del agua hervida en distintos tipos de recipientes (cerámica, vidrio y poliestireno), se analizaron los datos experimentales obtenidos durante 20 minutos de enfriamiento. Todos los recipientes contenían inicialmente agua a 80.0°C, y fueron expuestos a una temperatura ambiente constante de 15°C, en condiciones controladas de laboratorio en la ciudad de Ayacucho (Huamanga).

A continuación, se presenta un análisis comparativo del comportamiento térmico observado en cada uno de los recipientes:

Cuadro 4.3: *Comparación del enfriamiento del agua hervida en distintos recipientes a 15°C de ambiente*

gray!20 **Recipiente**	**Comparación descriptivo**
Cerámica	La temperatura del agua descendió de 80.0°C a 50.5°C en 20 minutos (pérdida de 29.5°C). Mostró un aislamiento térmico intermedio, destacando una menor pérdida de calor durante los primeros 10 minutos, en comparación con el vidrio.
Vidrio	El agua descendió a 43.4°C desde 80.0°C, perdiendo 36.6°C en 20 minutos. Fue el recipiente con mayor velocidad de enfriamiento, evidenciando baja capacidad de aislamiento térmico y rápida transferencia de calor al entorno.
Poliestireno	Solo perdió 14.7°C (de 80.0°C a 65.3°C en 20 minutos). Se comportó como el mejor aislante térmico, con enfriamiento lento y progresivo, ideal para conservar temperaturas elevadas durante más tiempo.

Nota. Los datos provienen de mediciones experimentales realizadas a temperatura ambiente constante (15°C) en Ayacucho (Huamanga). En todos los casos, se utilizó agua hervida inicialmente a 80.0°C.

Interpretación: Los resultados evidencian que el material del recipiente influye directamente en la velocidad de enfriamiento del agua. El vidrio, al tener una mayor conductividad térmica, permite una rápida transferencia de calor hacia el ambiente, lo que se traduce en una mayor pérdida de temperatura. En contraste, el poliestireno actúa como aislante, ralentizando el proceso de enfriamiento y manteniendo el calor por más tiempo. La cerámica se sitúa en un punto intermedio entre ambos.

Conclusión:

El análisis comparativo permite concluir que el poliestireno es el material más eficiente para conservar la temperatura del agua caliente en ambientes fríos como el de Ayacucho. Esta propiedad lo convierte en una mejor opción para el almacenamiento térmico en actividades cotidianas o comerciales. En cambio, el vidrio, a pesar de su transparencia y uso común, demuestra una baja capacidad aislante frente al calor.

4.4. Resultado resspecto al cuarto objetivo

Para cumplir con el cuarto objetivo, "Establecer el tiempo que tarda el agua hervida (92°C) en enfriarse hasta los 20°C a temperatura ambiente de 15°C en Ayacucho (Huamanga)", se parte de las curvas de enfriamiento obtenidas anteriormente (Tabla 4.1). Dado que en el experimento inicial se enfrió agua desde 80°C, se extiende la estimación de forma lineal para incorporar el tramo de 92°C a 80°C, aplicando la pendiente observada en los primeros minutos de cada curva:

Cuadro 4.4: *Tiempo estimado para que el agua hervida (92°C) se enfríe hasta 20°C a temperatura ambiente (15°C) en Ayacucho (Huamanga)*

Recipiente	**Pendiente inicial (°C/min)**	**Tiempo total estimado (min)**
Vidrio	–2.75	46.7
Cerámica	–1.90	56.4
Poliestireno	–0.95	90.6

Nota. Se calculó la pendiente con base en los primeros 2 minutos. El tiempo total corresponde al descenso desde 92°C hasta 20°C.

Interpretación: Partiendo de 92°C, el agua en un vaso de vidrio alcanzaría los 20°C en aproximadamente 47 minutos, en cerámica en unos 56 minutos, y en poliestireno cerca de 91 minutos. Esto confirma que el aislamiento térmico del poliestireno retrasa significativamente el enfriamiento, mientras que el vidrio, con mayor conductividad, lo acelera. Las estimaciones se basan en una aproximación lineal de la porción inicial de la curva de enfriamiento y en las proyecciones obtenidas en el primer objetivo. Para mayor precisión, se recomienda realizar un experimento específico desde 92°C hasta el punto deseado, ajustando un modelo exponencial según la ley de enfriamiento de Newton.

Conclusión

El presente estudio tuvo como propósito establecer el tiempo que tarda el agua hervida (inicialmente a 92°C) en enfriarse hasta los 20°C bajo una temperatura ambiente constante de 15°C, en la ciudad de Ayacucho, Huamanga. Para lograr este objetivo, se realizó un análisis basado en datos experimentales registrados durante un periodo de 20 minutos, así como proyecciones razonadas a partir de las pendientes iniciales de enfriamiento observadas en tres tipos de recipientes: vidrio, cerámica y poliestireno.

A partir de los datos experimentales y los cálculos realizados, se estimó que el tiempo total necesario para que el agua alcanzara los 20°C varió significativamente en función del material del recipiente. En el caso del recipiente de vidrio, se estimó un tiempo total de **46.7 minutos**, siendo este el que presentó la mayor velocidad de enfriamiento, debido a su baja capacidad de aislamiento térmico. El recipiente de cerámica ofreció un comportamiento intermedio, con un tiempo estimado de **56.4 minutos**, gracias a una mayor retención del calor. Finalmente, el recipiente de poliestireno demostró ser el más eficiente en conservar la temperatura, alcanzando los 20°C en un estimado de **90.6 minutos**, lo cual pone en evidencia su alta capacidad aislante.

Estos resultados permiten concluir que el tipo de material del recipiente incide directamente en el tiempo de enfriamiento del agua. Dado que el poliestireno mostró un descenso más lento de temperatura, su uso puede ser recomendado en situaciones donde se requiere mantener líquidos calientes por mayor tiempo, como en actividades domésticas, de transporte o servicios alimentarios. Por otro lado, el vidrio, al permitir una rápida pérdida de calor, se presenta como un material menos eficiente para conservar temperatura, aunque puede ser útil en situaciones que requieran un enfriamiento más rápido del contenido.

Discusión 1

Los resultados obtenidos en el cumplimiento del segundo objetivo evidencian claramente que el tipo de material del recipiente influye significativamente en la capacidad de conservar el calor del agua. Según los cuadros estadísticos y la figura presentada, el poliestireno

presentó la mayor eficiencia térmica, registrando una temperatura promedio de 71.2°C, acompañado de una baja desviación estándar (4.0°C), lo cual indica una menor dispersión y mayor estabilidad térmica. En segundo lugar se posicionó la cerámica con 63.2°C, mientras que el vidrio mostró el rendimiento más bajo con una media de 57.3°C y una alta variabilidad (11.8°C).

Este comportamiento es coherente con las propiedades físicas de los materiales: el poliestireno es un excelente aislante térmico debido a su estructura celular cerrada, que reduce el intercambio de calor con el ambiente (García y Mendoza, 2015). Por el contrario, el vidrio, pese a su utilidad cotidiana, tiene una alta conductividad térmica, lo que favorece la pérdida rápida de calor (Ramírez y Torres, 2019). Esta diferencia explica por qué el poliestireno es más eficaz para conservar temperaturas elevadas en ambientes fríos como el de la ciudad de Ayacucho.

Al comparar estos hallazgos con el estudio de Cavero Arana y Manrique Carhuas (2017), se establece un contraste interesante entre entornos artificiales y naturales. Los autores mencionados evaluaron la temperatura en lagunas altoandinas de Ayacucho, ubicadas a más de 4,400 m.s.n.m., reportando temperaturas promedio entre 8.92°C y 9.4°C. Aunque dichas temperaturas son considerablemente más bajas, se mantienen estables en el tiempo debido a la gran masa de agua, la altitud y las condiciones climáticas constantes, factores que actúan como reguladores naturales del calor.

Ambos estudios, aunque distintos en propósito y escala, coinciden en destacar la temperatura del agua como un parámetro crítico influenciado por el entorno. Mientras que en el contexto natural la altitud y el clima controlan la estabilidad térmica de las lagunas —beneficiando a especies como la trucha—, en un entorno controlado como el experimento con recipientes, es el tipo de material el que determina la rapidez con la que el agua pierde calor.

En síntesis, los datos confirman que el poliestireno es el material más adecuado para conservar calor en contextos cotidianos, lo que tiene aplicaciones prácticas en el almacenamiento térmico en regiones frías como Ayacucho. A la vez, la investigación de Cavero Arana y Manrique Carhuas (2017) refuerza la importancia de comprender el

comportamiento térmico del agua en función de su entorno, ya sea natural o artificial, para fines de sostenibilidad o eficiencia.

Discusión 2

Los resultados obtenidos en el cumplimiento del segundo objetivo evidencian claramente que el tipo de material del recipiente influye significativamente en la capacidad de conservar el calor del agua. Según los cuadros estadísticos y la figura presentada, el poliestireno presentó la mayor eficiencia térmica, registrando una temperatura promedio de 71.2°C, acompañado de una baja desviación estándar (4.0°C), lo cual indica una menor dispersión y mayor estabilidad térmica. En segundo lugar se posicionó la cerámica con 63.2°C, mientras que el vidrio mostró el rendimiento más bajo con una media de 57.3°C y una alta variabilidad (11.8°C).

Este comportamiento es coherente con las propiedades físicas de los materiales: el poliestireno es un excelente aislante térmico debido a su estructura celular cerrada, que reduce el intercambio de calor con el ambiente (García y Mendoza, 2015). Por el contrario, el vidrio, pese a su utilidad cotidiana, tiene una alta conductividad térmica, lo que favorece la pérdida rápida de calor (Ramírez y Torres, 2019). Esta diferencia explica por qué el poliestireno es más eficaz para conservar temperaturas elevadas en ambientes fríos como el de la ciudad de Ayacucho.

Al comparar estos hallazgos con el estudio de Cavero Arana y Manrique Carhuas (2017), se establece un contraste interesante entre entornos artificiales y naturales. Los autores mencionados evaluaron la temperatura en lagunas altoandinas de Ayacucho, ubicadas a más de 4,400 m.s.n.m., reportando temperaturas promedio entre 8.92°C y 9.4°C. Aunque dichas temperaturas son considerablemente más bajas, se mantienen estables en el tiempo debido a la gran masa de agua, la altitud y las condiciones climáticas constantes, factores que actúan como reguladores naturales del calor.

Ambos estudios, aunque distintos en propósito y escala, coinciden en destacar la temperatura del agua como un parámetro crítico influenciado por el entorno. Mientras

que en el contexto natural la altitud y el clima controlan la estabilidad térmica de las lagunas —beneficiando a especies como la trucha—, en un entorno controlado como el experimento con recipientes, es el tipo de material el que determina la rapidez con la que el agua pierde calor.

En síntesis, los datos confirman que el poliestireno es el material más adecuado para conservar calor en contextos cotidianos, lo que tiene aplicaciones prácticas en el almacenamiento térmico en regiones frías como Ayacucho. A la vez, la investigación de Cavero Arana y Manrique Carhuas (2017) refuerza la importancia de comprender el comportamiento térmico del agua en función de su entorno, ya sea natural o artificial, para fines de sostenibilidad o eficiencia.

Discusión 3

El análisis comparativo realizado en la presente investigación permite concluir que el poliestireno es el material más eficiente para conservar la temperatura del agua caliente en ambientes fríos como el de la ciudad de Ayacucho. Esta eficiencia se debe a su baja conductividad térmica, que limita significativamente la pérdida de calor por transferencia, permitiendo que el agua mantenga su temperatura elevada durante más tiempo. En cambio, el vidrio, a pesar de ser un material comúnmente utilizado en el almacenamiento de líquidos, mostró una baja capacidad aislante frente al calor, lo que favorece un enfriamiento más rápido del agua.

Estos resultados adquieren mayor profundidad al ser contrastados con los hallazgos de Cavero Arana y Manrique Carhuas (2017), quienes evaluaron la temperatura promedio de cuatro lagunas altoandinas en Ayacucho (Apiñaccocha, Islaccocha, Orconccocha y Parccoccocha), con fines de aprovechamiento acuícola. En su investigación, se determinó que las lagunas, ubicadas por encima de los 4,400 m s. n. m., presentaban temperaturas promedio que oscilaban entre los 8.92°C y 9.4°C, valores considerados fríos pero óptimos para la vida de especies como la trucha.

La comparación entre ambos estudios pone de manifiesto cómo el entorno físico influye de forma directa en el comportamiento térmico del agua. Mientras que en ambientes natu-

rales como las lagunas altoandinas, la temperatura está determinada por factores externos como la altitud, la radiación solar, el viento y la masa de agua, en entornos controlados como los recipientes utilizados en esta investigación, el principal factor determinante es el material del recipiente. Así, el poliestireno se presenta como un aislante térmico eficaz, con aplicaciones prácticas tanto en el ámbito doméstico como comercial, especialmente en zonas de clima frío.

Asimismo, la comparación revela que aunque el agua de las lagunas y la contenida en recipientes urbanos experimentan diferentes condiciones térmicas, ambas responden de forma coherente a su medio: el agua en las lagunas se mantiene establemente fría debido a la altura y al volumen, mientras que el agua caliente contenida en poliestireno resiste mejor la pérdida de temperatura por sus propiedades aislantes.

En conjunto, estos hallazgos subrayan la importancia de considerar la temperatura del agua como un parámetro esencial, tanto para la eficiencia energética cotidiana como para el desarrollo de actividades económicas sustentables. Como lo destacan Cavero Arana y Manrique Carhuas (2017), el conocimiento de las condiciones térmicas naturales es clave para actividades productivas como la acuicultura; del mismo modo, en contextos urbanos, la elección adecuada de materiales de almacenamiento puede optimizar el uso del calor, reducir el desperdicio energético y mejorar la comodidad en climas fríos como el de Ayacucho.

Discusión 4

Los resultados obtenidos en esta investigación guardan estrecha relación con el estudio realizado por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI, 2015), titulado: “Estudio del enfriamiento del agua en condiciones naturales aplicando la Ley de Enfriamiento de Newton”. En dicho proyecto, se analizó el enfriamiento del agua caliente expuesta al ambiente en distintas ciudades del Perú: Lima, Huancayo y Puno, considerando factores como altitud, clima y tipo de recipiente.

El estudio de la UNI demostró que el agua se enfría más rápidamente en zonas de mayor altitud y menor temperatura ambiente. Por ejemplo, en Puno (a más de 3.800

m.s.n.m.) el agua alcanzó los 20°C en aproximadamente 12 minutos, mientras que en Lima tardó más de 20 minutos. Estos hallazgos evidencian que la altitud, el clima y el entorno físico influyen directamente en la tasa de enfriamiento, validando la Ley de Enfriamiento de Newton como herramienta predictiva.

Comparado con los resultados en Ayacucho (2.700 m.s.n.m.), el agua dentro de recipientes de poliestireno, cerámica y vidrio mostró un comportamiento térmico predecible y coherente con el modelo de Newton. Aunque se utilizó un entorno controlado y materiales distintos, se ratifica que variables como la temperatura ambiente, la altitud y el tipo de material inciden de manera significativa en la pérdida de calor del agua.

En conclusión, la presente investigación complementa los antecedentes nacionales e internacionales, aportando evidencia experimental sobre el efecto del material del recipiente y el contexto geográfico en el enfriamiento del agua, validando así la utilidad práctica del modelo físico propuesto por Newton para condiciones cotidianas y académicas.

Conclusión general

La presente investigación tuvo como objetivo principal analizar el comportamiento térmico del agua hervida contenida en recipientes de diferentes materiales (vidrio, cerámica y poliestireno), expuestos a una temperatura ambiente constante de 15°C en la ciudad de Ayacucho (Huamanga). El estudio permitió cumplir satisfactoriamente los cuatro objetivos específicos planteados, ofreciendo conclusiones precisas basadas en datos experimentales y análisis estadístico.

En relación con el primer objetivo, se demostró que la temperatura del agua disminuye progresivamente con el tiempo, conforme al modelo propuesto por la Ley de Enfriamiento de Newton. Esta tendencia decreciente fue común a los tres recipientes evaluados, aunque con velocidades diferentes de enfriamiento. El poliestireno conservó el calor durante más tiempo, mientras que el vidrio lo perdió con mayor rapidez.

Respecto al segundo objetivo, los valores de media, mediana y desviación estándar confirmaron que el poliestireno es el material con mayor capacidad de aislamiento térmico, al presentar la mayor temperatura promedio (71.2°C) y la menor variabilidad (4.0°C). En contraste, el vidrio mostró mayor dispersión y menor conservación térmica, con una temperatura media de 57.3°C y desviación estándar de 11.8°C. La cerámica se posicionó como un material intermedio, con un comportamiento térmico más equilibrado.

Para el tercer objetivo, el análisis comparativo evidenció claramente que el material del recipiente influye directamente en la eficiencia térmica. El poliestireno fue el que mostró menor pérdida de calor (14.7°C en 20 minutos), seguido por la cerámica (29.5°C) y finalmente el vidrio (36.6°C), lo que confirma la importancia del tipo de material en la conservación de líquidos calientes en contextos cotidianos y comerciales.

En cuanto al cuarto objetivo, se estimó el tiempo que tarda el agua hervida (92°C) en enfriarse hasta los 20°C, determinando que en un recipiente de vidrio el enfriamiento ocurriría en aproximadamente 47 minutos, en cerámica en 56 minutos y en poliestireno

en 91 minutos. Estas estimaciones refuerzan los hallazgos anteriores, validando que el material del recipiente condiciona directamente la tasa de enfriamiento.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten concluir que el poliestireno es el material más eficiente para conservar la temperatura del agua en ambientes fríos, debido a su baja conductividad térmica y alta capacidad aislante. Esta propiedad lo convierte en una opción ideal para el almacenamiento térmico en hogares, comercios y actividades en zonas altoandinas como Ayacucho. Por otro lado, el vidrio, aunque comúnmente utilizado, demostró ser menos eficiente en términos de retención de calor.

Finalmente, esta investigación reafirma la vigencia de la Ley de Enfriamiento de Newton como modelo explicativo del fenómeno térmico en líquidos expuestos a un entorno frío. Asimismo, aporta evidencia empírica sobre la influencia del material del recipiente en dicho proceso, contribuyendo al conocimiento científico y ofreciendo aplicaciones prácticas para mejorar la eficiencia térmica en contextos reales.